

УДК 621.3

БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В СОЗДАНИИ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫХ УСТРОЙСТВ

Гуриш В.В., Коваль А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ГАВРИЛЕНКО С.Д.

Современные технологии так же как и время не стоят на месте, а это означает, что новое время требует создания и применения принципиально новых устройств. Здесь наблюдается аналогия с историей развития устройств точного времени, которые прошли путь от механических хронометров, использующих различного типа маятники, через кварцевые часы, основанные на твердотельных резонансах, и, наконец, сегодня наиболее точные часы используют внутримолекулярные эффекты в молекулах аммиака и т. д. Подобным образом развивается и электроника, прошедшая путь от механических электромагнитных реле и электровакуумных ламп к твердотельным транзисторам и микросхемам, а сегодня она подошла к порогу, за которым лежит область молекулярной технологии. А молекулярные технологии – это технологии будущего, которые основываются и развиваются благодаря открытиям молекулярной электроники.

Молекулярная электроника – раздел науки и техники, который охватывает вопросы получения континуальных (непрерывных) комбинированных сред с наперед заданными свойствами и создания различных электронных устройств методом физической интеграции, т. е. использования таких физических принципов и явлений, реализация которых позволяет получить компоненты со сложным схемотехническим или системотехническим функциональным назначением.

Основными функциями молекулярной электроники являются:

- синтез новых молекул, способных хранить, передавать и преобразовывать информацию;
- разработка физических принципов функционирования электронных устройств;
- разработка методов организации молекул в молекулярный ансамбль или молекулярное электронное устройство;
- создание сложных молекулярных систем, реализующих одновременно несколько различных эффектов, выполняющих сложную задачу.

Возможность использования молекулярных материалов и отдельных молекул как активных элементов электроники уже давно привлекает внимание исследователей различных областей науки. Однако только в последнее время, когда стали практически ощутимы границы потенциальных возможностей полупроводниковой технологии, интерес к молекулярной идеологии построения базовых элементов электроники перешел в русло активных и целенаправленных исследований, которые стали сегодня одним из важнейших и многообещающих научно-технических направлений электроники.

В нашей работе основное внимание сосредоточено на молекулярных системах. Во-первых, молекула представляет собой идеальную квантовую структуру, состоящую из отдельных атомов, движение электронов по которой задается квантово-химическими законами и является естественным пределом миниатюризации. Другой, не менее важной особенностью молекулярной технологии, является то, что создание подобных квантовых структур в значительной мере облегчено тем, что в основе их создания лежит принцип самосборки. Способность атомов и молекул при определенных условиях самопроизвольно соединяться в наперед заданные молекулярные образования является средством организации микроскопических квантовых структур; оперирование с молекулами предопределяет и путь их создания. Именно синтез молекулярной системы яв-

ляется первым актом самосборки соответствующих устройств. Этим достигается идентичность собранных ансамблей и, соответственно, идентичность размеров элементов и, тем самым, надежность и эффективность протекания квантовых процессов, функционирования молекулярных устройств.

Идеи молекулярной электроники не сводятся к простой замене полупроводникового транзистора на молекулярный, хотя будет решаться и эта частная задача. К основным задачам молекулярной электроники относится задача создания универсального элемента памяти, как наиболее важной части любого информационно-вычислительного устройства. В данной работе будет сделана попытка расчёта запоминающего устройства на мыслящих молекулах.

Под мыслящей молекулой будем понимать молекулу, представляющую собой цепочку из трех бензольных колец, к центральному из которых с противоположных сторон присоединены группы NO_2 , и NH_2 .

Такая асимметричная молекулярная конфигурация создает электронное облако сложной формы, в результате чего возникает удивительно красивый и принципиально важный для решения поставленной задачи физический эффект – при наложении поля молекула закручивается, ее сопротивление меняется, и она начинает пропускать ток (правая часть рисунка). При снятии поля молекула раскручивается в обратную сторону и возвращается в исходное состояние. Переключатель, созданный по этому принципу, представляет собой линейную цепочку из примерно 1000 молекул нитроаминобензолтиола, расположенную между двумя металлическими контактами. Более того, замеры с использованием туннельного микроскопирования (фрагмент молекулярной цепочки был впаиван между сверхтонкими иглообразными золотыми электродами) позволили получить рабочие параметры переключателя, которые с полным правом можно назвать молекулярной вольтамперной характеристикой и молекулярной проводимостью (рисунок 1). Кривая проводимости (которая, кстати, оказалась весьма близка к расчетной) имеет четко выраженный «провал». Это позволяет переводить участки молекулы из проводящего состояния в непроводящее, и наоборот, простым изменением приложенного напряжения. Формально и фактически получен молекулярный триод.

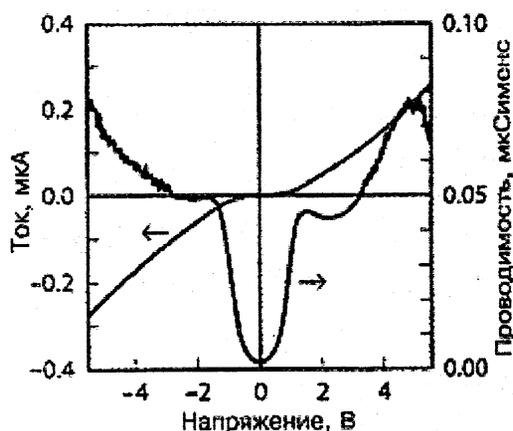


Рис. 1. Молекулярная вольтамперная характеристика

Предварительный расчёт запоминающего устройства на основе мыслящих молекул.

Исходные данные:

- длина запоминающего устройства, L – 10 мм;
- ширина запоминающего устройства, B – 10 мм;
- длина молекулы, L_1 – 14 нм;

- расстояние между молекулами, $L_2 - 30$ нм;
- диаметр молекулы, $D - 15$ нм;
- толщина золотого слоя, $H - 2$ мкм;
- толщина запоминающего устройства, A – задается произвольно.

$$1 \text{ кбит} = 2^{10} \text{ бит} = 1024 \text{ бит} = 128 \text{ байт};$$

$$1 \text{ Мбит} = 2^{20} \text{ бит} = 1048576 \text{ бит} = 1024 \text{ кбит} = 128 \text{ кбайт};$$

$$1 \text{ Гбит} = 2^{30} \text{ бит} = 1073741824 \text{ бит} = 1048576 \text{ кбит} = 1024 \text{ Мбит} = 128 \text{ Мбайт};$$

$$1 \text{ Тбит} = 2^{40} \text{ бит} = 1,0995116 \cdot 10^{12} \text{ бит} = 1073741824 \text{ кбит} = \\ = 1048576 \text{ Мбит} = 1024 \text{ Гбит} = 128 \text{ Гбайт}.$$

Так как одна молекула занимает 1 бит памяти, то число молекул будет соответствовать числу бит памяти.

Решение:

Находим число молекул, укладываемых на расстоянии, равном длине запоминающего устройства

$$N_1 = \frac{L}{L_2 + D}.$$

Находим число молекул, укладываемых на расстоянии, равном ширине запоминающего устройства

$$N_2 = \frac{B}{L_1 + H}.$$

Находим число молекул в элементарном слое, площадь которого равна площади запоминающего устройства

$$N' = N_1 N_2.$$

Находим число элементарных слоёв молекул, укладываемых на расстоянии, равном толщине A запоминающего устройства

$$N_3 = \frac{A}{D + H}.$$

Находим общее число молекул в запоминающем устройстве

$$N = N_3 N' = \frac{ALB}{(D + H)(L_2 + D)(L_1 + H)}.$$

Рассчитаем, например, запоминающее устройство толщиной 2 мм, шириной 12 мм и длиной 34 мм.

Общее число молекул в запоминающем устройстве будет равно

$$N = \frac{0,02 \cdot 0,034 \cdot 0,012}{(15 \cdot 10^{-9} + 2 \cdot 10^{-6})(30 \cdot 10^{-9} + 15 \cdot 10^{-9})(14 \cdot 10^{-9} + 2 \cdot 10^{-6})} = 4,47 \cdot 10^{12}.$$

Зная количество молекул, содержащихся в 128 Гб памяти и общее число молекул запоминающего устройства, найдём объём его памяти в Гб:

$$k = \frac{N}{2^{40}} = 4,1;$$

$$V = 128k = 525 \text{ Гб}.$$

Результат расчёта:

Объём рассчитанного нами запоминающего устройства составляет 525 Гб.

Создание средствами молекулярной электроники искусственных нейронов, различного типа сенсоров, включенных в единую сеть, откроет путь к реализации всех потенциальных возможностей, заложенных в нейрокомпьютерной идеологии, позволит создать принципиально новый тип информационно-вычислительных систем и подойти вплотную к решению проблемы создания искусственного интеллекта.